中国生态农业学报 2017 年 2 月 第 25 卷 第 2 期
Chinese Journal of Eco-Agriculture, Feb. 2017, 25(2): 172−179



DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.160592

刘威尔, 张鑫, 张娟, 刘云慧, 宇振荣. 农田缓冲带规划建设与天敌保护效果研究[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(2): 172−179
Liu W E, Zhang X, Zhang J, Liu Y H, Yu Z R. Farmland buffer strip planning, construction and protective effect on related natural enemy[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(2): 172−179

# 农田缓冲带规划建设与天敌保护效果研究*

刘威尔[1], 张 鑫[1], 张 娟[2], 刘云慧[1], 宇振荣[1**]

(1. 中国农业大学资源与环境学院 北京 100094; 2. 山西省环境监测中心站 太原 030027)

**摘 要:** 缓冲带建设可以提供多种生态服务功能, 是国内外现代生态农业发展的重要实践措施。论文以北京市顺义区都市型现代农业示范区建设项目为例, 探讨农田缓冲带的规划和建设方法, 并针对天敌保护效果进行监测, 旨在探索村镇尺度下生态农业建设的景观规划途径。主要研究结论: 1)经过目标确定、现状调查、总体空间布局设计、工程设计、施工监管与管护 5 个步骤, 在研究区完成了渠道、道路和防护林 3 种类型共 7 种模式的农田缓冲带空间布局规划、种植模式设计与建设; 2)害虫与天敌取样监测结果表明, 人工林地缓冲带具有最大的蜘蛛活动密度, 渠道、道路缓冲带等人工边界的天敌/蚜虫比例最高, 初步证明了农田缓冲带建设的天敌保护效果; 3)今后的生态农业建设应当加强农田缓冲带等生态景观化技术的大尺度空间规划与集成示范, 其生态服务功能提升效果还需要针对不同农田类型进行长期监测试验进行验证。

**关键词:** 生态农业; 农业景观; 农田缓冲带; 生态系统服务; 景观服务
**中图分类号:** Q14; Q16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2017)02-0172-08

# Farmland buffer strip planning, construction and protective effect on related natural enemy*

LIU Wei'er[1], ZHANG Xin[1], ZHANG Juan[2], LIU Yunhui[1], YU Zhenrong[1**]

(1. College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Shanxi Environmental Monitoring Central Station, Taiyuan 030027, China)

**Abstract:** At present, the application of buffer strips is becoming increasingly important in the development of modern eco-agriculture both at national and international scales. With proper design and construction, farmland buffer strips (e.g., field margins, wild flower strips, hedgerows and shelterbelts) can provide various ecosystem and landscape services, including erosion prevention, non-point pollution control, natural pollination, pest control and landscape pattern optimization. This paper used the construction project of Modern Urban Agricultural Demonstration Farm in Shunyi District in Beijing to discuss the concept, classification, functions and planning methods of farmland buffer strips. Backed by literature review, the study demonstrated integrated spatial planning and construction of farmland buffer strips and assessed natural enemy protection service of 4 typical buffer strips by sampling and measuring the density of spiders and natural enemies/aphids ratio. The study showed that: 1) Farmland buffer strips can be defined as "a strip vegetation mosaic separating different landscape features and patches in an agricultural landscape". This classification measure of farmland buffer strips was based on 3 attributes — location and neighboring land use, vegetation composition and structure, and ecosystem services types. Ecosystem and

* 农业部生态环境项目(09162110402229)和国家自然科学基金项目(41671181)资助
** 通讯作者: 宇振荣, 研究方向为景观生态学、乡村生态景观建设、生物多样性保护。E-mail: yuzhr@cau.edu.cn
刘威尔, 研究方向为景观生态学。E-mail: liuweier2@hotmail.com
收稿日期: 2016-07-24 接受日期: 2016-10-26
* This work was funded by the Ecological Environment Project of Ministry of Agriculture of China (09162110402229) and the National Natural Science Foundation of China (41671181).
** Corresponding author, E-mail: yuzhr@cau.edu.cn
Received Jul. 24, 2016; accepted Oct. 26, 2016

landscape services were the main factors considered during planning of buffer strips. The planning process of farmland buffer strips was summarized into 5 steps — target identification, on-site investigation, spatial arrangement planning, construction pattern design, and supervision and management. 2) According to the landscape pattern and ecosystem services demand in the study area, the study proposed a spatial arrangement of farmland buffer strips that consisted of 3 types with a total of 7 construction patterns designed in combination with the construction of field ditches, roads and shelterbelts. The results of the assessment of natural enemy protection service showed that the area 10 m within wheat fields near shelterbelt buffer strips had the highest density of spiders. Also the ratio of natural enemies to aphids in wheat fields near artificial field margins (including field ditches and road buffer strips) was largest. To some degree, the evaluation showed the efficacy of farmland buffer strips in providing natural enemy protection service, although the results could have been affected by the short monitoring time at the early stage of the development of buffer strip vegetation and disturbance to wildlife during construction. 4) The study further showed that future development of eco-agriculture should take into consideration integration of farmland buffer strips and other ecological conservational practices along with the related spatial planning and implementation at larger scales. The application of such approach needed adjustment to specific local conditions as the paper only discussed the implementation of farmland buffer strips under dryland farming in plain areas. The overall effectiveness of such approach needed a more thorough assessment with long-term monitoring of a variety of indicators that account for the status of soil, watershed, biodiversity and other landscape characteristics.

**Keywords:** Eco-agriculture; Agricultural landscape; Farmland buffer strip; Ecosystem service; Landscape service



生态农业建设除提高生产能力外，还需要寻求农业用地和非农生境之间的协调和相互促进，恢复和提升农业生物多样性及相关的生态服务功能[1-2]。农田缓冲带指农业景观中营建的具有一定密度的条带状植被覆盖[3]，这些地块间非农生境的保留和保护能够为农田节肢动物等物种提供生存生境，提高生态农业景观的异质性、连通性[4]，从而提供多种生态服务功能。缓冲带建设在欧美等发达国家的生态农业景观建设与管护中占据着十分重要的地位。例如，英国的农场环境管理措施(Environmental Stewardship，ES)为农户提供了针对耕地、草场、水域等景观要素的各类缓冲带建设指南[5]；美国农业局(USDA)下属的自然资源保护服务局(NRCS)在全国范围内广泛开展了自然资源保护项目(Natural Resources Conservation Practices)，制定了包括河岸缓冲带、农田边界、植物篱等多种缓冲带建设的工程技术标准，有效提升了土壤固碳、改善水质等多种生态服务功能[6-7]。

我国在各类农田缓冲带的功能验证和机理探究方面研究较为丰富，包括对林草、灌草等不同结构配置的河岸、湖泊缓冲带在泥沙、氮磷拦截等功能方面的定量化分析[8-9]，以及田埂[10-11]、植物篱[12-13]、农田边界[14]等其他农田缓冲带对水土保持、害虫-天敌调控、生物多样性保护等生态服务功能的影响分析，并探讨了各类农田缓冲带的应用价值和建设模式[15-17]。然而，现有研究多为相对孤立的理论研究，没有转化为系统的建设方法体系，缺乏在一定尺度内综合考虑多种农田缓冲带及其生态服务功能类型的规划设计和示范建设，因而难以直接验证农田缓冲带技术在实践示范应用中发挥的生态服务功能效果。针对上述问题，本研究以北京市顺义区都市型现代农业示范区建设项目为例，探讨了生态农业景观中农田缓冲带的规划设计方法体系，开展了景观尺度下农田缓冲带的空间布局规划、模式设计和示范建设，并针对天敌保护功能进行了效果评价，以期为现代生态农业发展提供景观尺度下空间格局规划和生态化建设的新思路。

## 1　农田缓冲带的规划设计原理

### 1.1　农田缓冲带的概念和类型

农田缓冲带可以定义为镶嵌在农业景观中耕地与其他景观要素之间，自然或人为改造形成的条带状植被覆盖，主要位于田块边缘区域，包括农田与其他土地利用之间难以并入田块进行耕作的交错地带，或是占补平衡等整地过程中产生的边角地带[18]。农田缓冲带可以依据其属性和功能进行分类，根据位置和相邻土地利用类型，可以将农田缓冲带分为河流缓冲带[19]、渠道缓冲带、道路缓冲带、农田/果园边界缓冲带、防护林和林地边缘缓冲带、村庄周围缓冲带等；根据植物组成和结构配置，可以分为林地缓冲带、灌木植物篱[20]、草本缓冲带、蜜源野花带等等；根据主要生态服务功能类型，可以分为水土保持、面源污染控制、授粉功能提升、害虫控制、护坡护岸缓冲带等。

### 1.2　农田缓冲带的生态服务功能

生态系统服务(ecosystem services)指人类从生态系统获得的惠益，包括供给、调节、文化和支持服务 4 大类[21]；以景观为研究尺度，依赖于景观格

局综合作用，能够指导景观综合管理、规划与决策的生态系统服务概念称为景观服务(Landscape services)[22]。在农业景观尺度上进行缓冲带的综合规划和管理，能够提供多样化的生态服务功能。在调节服务方面，沟渠、河道缓冲带能够提供水土涵养、污染防控等功能[18,23]，例如卜晓莉等[9]设计的林草复合缓冲带减少了农田径流输出约 50%，拦截了约 80%的泥沙沉积物，对各形态 N、P 的拦截率均在 50%以上；防护林缓冲带具有调节农田小气候、防风防尘的功能，例如孔东升等[24]的研究表明，农田林网内年均空气温度比林网外低 1.0 ℃，年均相对湿度比林网外高 8%。在支持服务方面，田埂和农田边界缓冲带能够提供授粉、害虫控制、生物多样性保护等功能[16]，例如根据万年峰等[10]的报导，稻田田埂保留杂草能够减少稻田内的稻飞虱[灰飞虱(*Laodelphgax striatellus*)、白背飞虱(*Sogatella furcifera*)和褐飞虱(*Nilaparvata lugens*)]达 35.31%；Klein 等[25]和 Wiggers 等[26]的试验表明，农田和果园周边的植物带能够显著提升野生蜜蜂等传粉昆虫和鸟类的多样性。在生产和文化服务方面，利用牧草、苗木、经济作物等物种构建农田缓冲带能够提供额外的农产品；多样化的农田缓冲带还对提高农田景观的复杂性、开阔性、自然性、历史性等美学指标有重要作用[27-28]。在景观服务功能方面，沟渠、道路、防护林的空间分布对景观多样性、破碎化和生境分布等空间格局指标都存在影响[29-31]。

### 1.3 农田缓冲带的综合规划设计

生态农业景观建设需要坚持功能与格局的思想，维护自然生态过程安全性和农业生物多样性，重塑农田景观镶嵌体结构和功能的完整性。以生态服务功能为核心的农田缓冲带综合规划设计主要包括以下步骤：1)目标确定：遵循多功能性原则，权衡农业生产、经济发展和环境保护等发展战略和需求，确定规划设计目标；2)现状调查：通过野外调查测绘和参与式调研，详细评价地形、植被、水体、聚落等景观特征[28]，分析生态服务功能供需情况；3)总体空间布局：构建农田缓冲带的总体空间布局，保护调查中识别的非农生境，补齐斑块间的生境断带，维护自然生态过程，提高景观异质性和连通性；4)工程设计：针对基层管理者与土地使用者的实际需求，全面考虑工程设计对生态环境的直接、间接和累积影响，利用乡土植物物种，合理确定植物搭配及比例，模拟地域自然群落进行植被设计；5)施工与管护：控制施工操作对水土安全和生物多样性的负面影响，注重对植物的定期修剪与补植，保证农田缓冲带的功能可持续性。

## 2 农田缓冲带建设示范和效果评价

### 2.1 材料与方法

#### 2.1.1 研究区概况

本文以北京市都市型现代农业示范区建设项目中的沟路林渠与生态景观提升工程为研究案例。研究区位于北京市顺义区赵全营镇和北石槽镇境内，共涉及 10 个行政村，总面积为 1 732 $hm^2$。农田为主要土地利用类型，占 57.6%，林地资源相对较少，占 14.2%。研究区地处潮白河冲积平原，土类主要是轻壤质土，属暖温带大陆型半湿润季风气候，年平均气温 11.5 ℃，平均年降水量 622 mm。水文资源主要包括牤牛河和七八干渠、八分渠两条主干沟渠，属于季节性河流。研究区共有维管束植物 63 种，乔木包括毛白杨(*Populus tomentosa*)、悬铃木(*Platanus orientalis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、白蜡树(*Fraxinus chinensis*)、杏树(*Armeniaca vulgaris*)、西梅(*Armeniaca mume*)、油松(*Pinus tabuliformis*)等，灌木有迎春(*Jasminum nudiflorum*)、小叶黄杨(*Buxus sinica*)、冬青(*Ilex pedunculosa*)等，草本层有葎草(*Humulus scandens*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)等，藤本植物有牵牛(*Pharbitis nil*)、葡萄(*Vitis vinifera*)等。

#### 2.1.2 研究方法

1)农田缓冲带规划设计：2013 年 4—6 月，以区域遥感影像(Google Earth)为底图进行田间景观调查，对道路、沟渠和防护林等基础设施进行了测绘和照片采集，结合 CASS 和 ArcGIS 软件的绘图与数字化功能建立农田景观地理数据库；定性评价研究区生态景观现状，根据土地利用格局、生态环境问题与生态服务功能需求，提出农田缓冲带总体空间布局；针对道路、沟渠、防护林 3 种主要景观要素类型进行农田缓冲带种植模式设计，充分利用乡土植物，提出植物配置模式、建设方法及提供的生态服务功能。规划设计于 2013 年 8 月完成，工程于 2014 年 4 月完工，完工时已初步形成绿色植被覆盖(如图 1, b-f)。

2)农田缓冲带的天敌保护效果评价：2014 年 4—6 月，选取田埂、自然边界、人工边界、林地 4 种类型的农田边界相邻的小麦(*Triticum aestivum*)田作为样地，调查了蚜虫[禾谷缢管蚜(*Rhopalosiphum padi*)、麦长管蚜(*Macrosipham avenae*)、麦二叉蚜(*Schizaphis graminum*)]和捕食性天敌的生物多样性。其中，田埂为宽约 1 m，无植被覆盖的裸露边界、生产路等，自然边界为宽约 1 m，杂草覆盖、未经整治

的农田边界、沟渠等, 二者为保持原始状态, 未进行缓冲带建设的对照区域; 人工边界为道路、沟渠缓冲带, 林地为与农田相邻的防护林缓冲带或小林地, 二者为农田缓冲带建设工程的实施成果。蚜虫在小麦田中距离边界 10~11 m 处取 15 m 长的样带, 每隔 3 m 随机选取 5 株小麦调查 1 次, 共调查 25 株小麦, 分别记录每株小麦上各类蚜虫的数量; 捕食性天敌采用昆虫取样器取样, 在 5—6 月每 10 d 取样一次, 共 3 次, 每次取样随机在缓冲带内抽取 4 个样方, 样方大小取决于昆虫取样器参数。

### 2.2　结果与分析

#### 2.2.1　农田缓冲带规划设计

农田景观现状调查结果表明: 1)景观格局方面, 研究区粮田规模化特征明显, 沟、路、林、渠等农业基础设施较为完善, 景观较为开阔, 但存在均质化问题; 2)基础设施方面, 研究区部分道路利用率较低且缺乏管护, 沟渠存在废弃、占用、堵塞、地表裸露和不平整等问题, 部分在用沟渠水体污染严重, 防护林物种配置和结构以单一化为主, 缺乏层次性和季节变化; 3)生态服务功能需求方面, 研究区东西两侧聚落以改善人居环境质量为主, 南北部规模化粮田以提高农业基础设施的支持和调节功能为主, 中部旅游线路以提高休闲游憩、美景欣赏功能为主。在此基础上, 利用沟渠边坡、道路路肩、防护林带和小林地等景观要素, 构建道路、沟渠、防护林 3 类共 7 种模式的农田缓冲带空间布局(图 1, a)。在植物种类筛选过程中, 保留无害的原生植物, 选择易成活、管理粗放的多年生乡土植物进行种植, 尽量选择蜜源植物、吸引益虫或驱避害虫的植物及豆科植物等高自然价值的植物种类。具体模式设计如下。

**1)道路缓冲带设计**

研究区道路沿线主要分布有旱柳(*Salix matsudana*)、国槐(*Sophora japonica*)和毛白杨等乔木, 但缺少草本植物和灌木覆被, 地表裸露严重。针对不同道路类型和功能需求, 主要利用乡土物种, 保证绿色植被覆盖度, 提高物种组成和功能的复杂度。

模式 1: 针对车流量大、车速较快的干支路, 强调休闲游憩功能。选择狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、萱草(*Hemerocallis fulva*)、金山绣线菊(*Spiraea japonica*)等适应性强、观赏效果好的地被植物, 营造开阔的农田景观氛围, 搭配蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、紫花地丁(*Viola philippica*)、委陵菜(*Potentilla reptans*)等易成活、管理粗放的乡土野花, 保证地表覆盖度(图 1b)。

模式 2: 针对机动车较少但居民通行较多的田间道路, 强调人居环境改善功能。选取红瑞木(*Swida alba*)、棣棠(*Kerria japonica*)、卫矛球(*Euonymus alatus*)、北京丁香(*Syringa pekinensis*)、金银木(*Lonicera maackii*)等色彩鲜明、具有季相变化的花灌木, 搭配小冠花(*Coronilla varia*)、高羊茅(*Festuca elata*)等地被植物固土护坡, 改善居民日常出行观赏体验(图 1c)。

模式 3: 针对宽度小于 3 m 的田间生产路, 强调水土保持、自然授粉和天敌保护功能。种植木槿(*Hibiscus syriacus*)、迎春、卫矛球等构成的灌木植物篱。一方面固持土壤, 减缓径流, 拦截扩散的颗粒物和农药; 另一方面提高农田景观异质性和斑块间的连通性, 为授粉昆虫、害虫天敌和鸟类等野生生物提供更好的栖息和扩散条件(图 1d)。

**2)沟渠缓冲带设计**

研究区沟渠表面主要为未硬化的裸露沙土, 少数采用水泥衬砌, 已建沟渠整体利用率低, 存在占用、不平整、堵塞、水体污染等问题。针对不同的沟渠类型和问题, 一方面利用植物根系生长作用增加水分下渗, 减缓地表径流流速, 过滤养分和污染物; 另一方面营造田间生物岛屿和野生生物资源库, 为害虫天敌、传粉昆虫等生物提供生境。

模式 1: 针对宽度大于 10 m 的防洪河道, 强调水土保持和生物多样性保护功能。乔木层补植毛白杨, 灌木层选取黄刺玫(*Rosa xanthina*)、北京丁香、珍珠梅(*Sorbaria sorbifolia*)、红瑞木、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)等, 栽植在距离沟渠边坡 1 m 以上的位置, 起到防风固沙、控制水土流失的作用; 地被植物选取芦苇(*Phragmites australis*)、金鸡菊(*Coreopsis basalis*)、桔梗(*Platycodon grandiflorus*)、石竹(*Dianthus chinensis*)、宿根花菱草(*Eschscholzia californica*)等水生植物和蜜源植物, 吸引传粉昆虫, 为野生动物提供遮蔽所(图 1e)。

模式 2: 针对研究区内坡度较缓、无乔木层植被的农田渠道, 强调面源污染防控、自然授粉和天敌保护功能。在沟渠边缘种植紫穗槐、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、荆条(*Vitex negundo*)、连翘(*Forsythia suspensa*)等低矮灌木稳固坡面, 减缓地表径流流速, 防止地表坍塌、下陷形成冲沟; 地被层尽量保留原生植物, 使用六棱植草砖材料实现额外的稳固坡面功能, 补植高羊茅、小冠花等护坡植物, 搭配宿根花菱草、石竹、金鸡菊、桔梗等蜜源植物, 吸引害虫天敌和传粉昆虫(图 1f)。

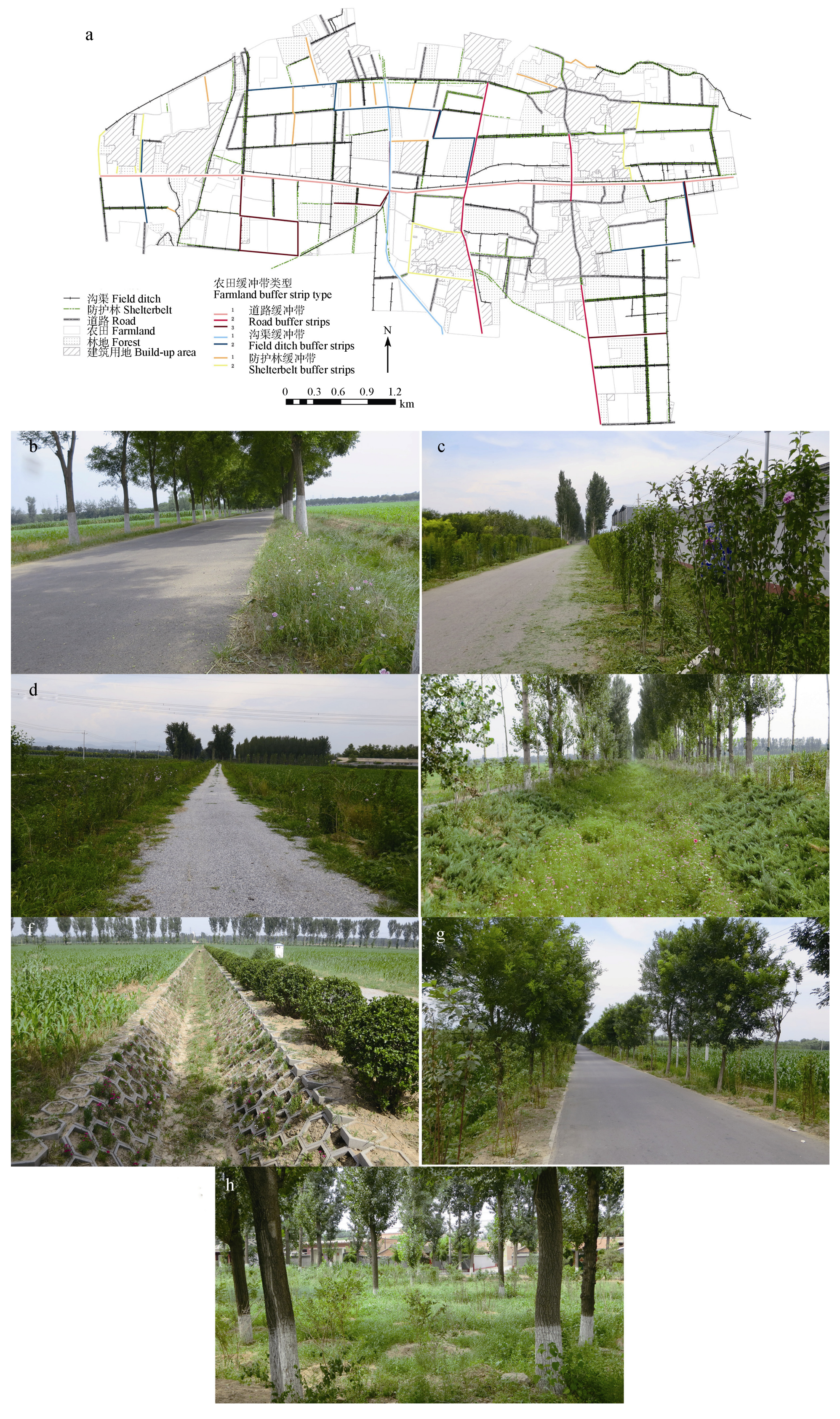



**图 1　农田缓冲带规划模式设计**

Fig. 1　Planning and designing of farmland buffer strips

a: 农田缓冲带总体空间布局设计; b-d: 道路缓冲带建设成果图(模式 1-3); e-f: 沟渠缓冲带建设成果图(模式 1-2); g-h: 防护林缓冲带建设成果图(模式 1-2)。a: spatial arrangement planning of farmland buffer strips; b-d: photos of road buffer strips (pattern 1-3); e-f: photos of field ditch buffer strips (pattern 1-2); g-h: photos of shelterbelt buffer strips (pattern 1-2).

**3)防护林缓冲带设计**

针对研究区防护林的物种组成和结构单一，普遍存在残缺、断带现象等问题，在尽量维护现状植被的基础上，进行乔木层树木的补植和灌木、草本层植被的补充，构建拟自然植物群落的乔灌草林地结构，提高防护林系统的结构稳定性、功能复杂性与抗干扰能力。

模式 1：针对农田防护林网进行防护林带的修复和改造，强调水土保持和小气候调节功能。补植国槐、毛白杨等乔木，林下种植卫矛球、紫薇(*Lagerstroemia indica*)、迎春、矮株木槿(*Hibiscus syriacus*)等低矮灌木，地被层选择马蔺(*Iris lactea*)、高羊茅等草本植物和松果菊、紫花地丁、蒲公英等乡土野花，提高地表植被覆盖率和防护林带连通性，提供固土防尘、减缓风速、拦截大气污染颗粒物、平滑农田温湿变化等功能(图 1g)。

模式 2：针对主干道路交叉口和村庄周围的现有林地或荒草地，修复或新建小林地斑块，强调生物多样性保护和休闲游憩功能。以毛白杨为主要乔木，选择珍珠梅、紫穗槐、荆条等花灌木，和桧柏球(*Juniperus formosana*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)等常绿灌木，搭配石竹、松果菊、宿根花菱草等宿根花卉，形成生物生境踏脚石，促进鸟类、传粉昆虫和害虫天敌等农田野生生物的迁移、扩散和定居，同时营造色彩和季相变化丰富的乡土景观节点供人观赏(图 1h)。

**2.2.2**　农田缓冲带天敌保护效果评价

调查与评价结果显示：(1)不同农田缓冲带相邻的小麦地中天敌多样性显著不同。以蜘蛛(Araneae)为例，人工林地毗邻的小麦地中蜘蛛的活动密度显著高于田埂、自然边界、人工边界 3 类缓冲带；具有自然和人工边界的小麦地中，蜘蛛的活动密度无显著差异，并且都显著低于田埂和人工林地(图 2)。(2)不同农田缓冲带相邻的小麦地中天敌/蚜虫比显著不同。与人工边界相邻的小麦地具有最高的天敌/蚜虫比，显著高于田埂相邻小麦地的天敌/蚜虫比；而田埂、自然边界和人工林地之间，以及自然边界、人工边界、人工林地之间均不存在显著差异(如图 3)。

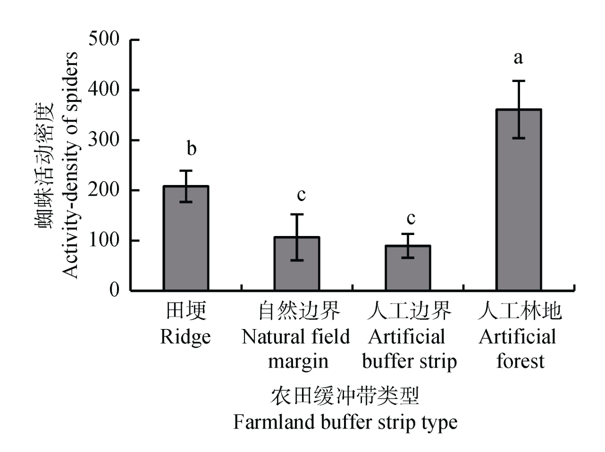



**图 2**　不同类型缓冲带相邻农田中的蜘蛛活动密度
Fig. 2　Spider's activity-densities in the fields adjacent to different types of farmland buffer strip

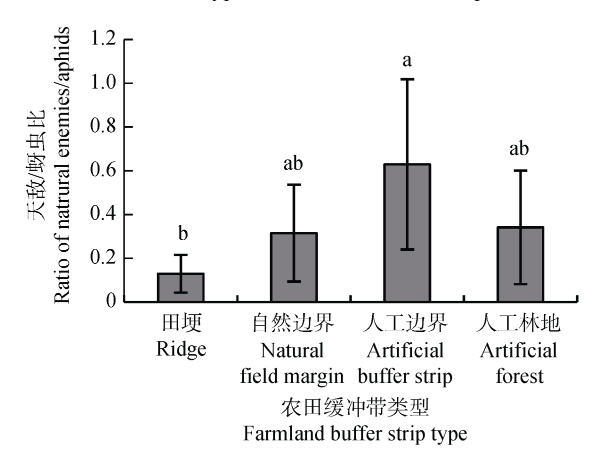



**图 3**　距离不同类型缓冲带 **10 m** 范围内农田中的天敌/蚜虫比
Fig. 3　Ratio of natural enemies/aphids within a 10 m range in the fields adjacent to different types of farmland buffer strip

## 3　讨论

农业景观中多样化的土地覆被能够为更多物种提供生境和生存资源，从而提高生物多样性和生态服务功能的多样性[32]。生态农业在优化生产系统和改善生态环境的基础上，还应当从区域生态景观战略规划、景观尺度空间格局规划和工程技术生态景观化 3 个层次上提高生态服务功能[33]。本研究在规划设计中考虑了景观尺度下农田缓冲带的空间格局，并在模式设计中将生态服务功能作为植物选择的标准，旨在为生态农业建设开拓多功能、多尺度的景观规划视角。在效果评价部分，本研究仅选择天敌保护功能进行监测，以降低取样难度，缩短试验周期。监测结果显示，林地能够支持最高的蜘蛛活动密度，而自然和人工边界附近农田的蜘蛛活动密度最低；4 种缓冲带范围内的天敌/蚜虫比例没有表现出较大的区分度，但人工边界范围内天敌/蚜虫比例显著高于田埂。人工林地和人工边界均表现出一定的害虫-天敌调节作用，林地具有较大的斑块面积和较高的植被覆盖度，能够提供更理想的遮蔽所，可能更有利于蜘蛛的定居，而人工边界可能对一些捕食性节肢动物的扩散具有一定促进作用。但各类农田缓冲带的总体天敌保护效果并不明显，可能是由于本研究监测时间较短，取样时植被发育还不完全，加之施工过程对蜘蛛等天敌活动存在扰动，难以满

足其扩散和定居条件，因而没能达到农田缓冲带的理想效益。

农田缓冲带等农业生态景观化技术在景观尺度下综合规划建设的实际效果，还需要通过多项指标的长期监测进一步验证。美国自然资源保护服务局进行的一系列保护项目均在 1~3 年后才表现出理想效果[34]。英国的亲水农场研究项目示范了湿地修复、缓冲带建设等多项技术，它们对土壤、水体、生物多样性等多项指标的影响经过 3 年监测才得到初步证实[35]。因此，各类生态农业建设项目亟需转变追求短期、直接效果的思路，应当在更大尺度考虑多种生态服务功能的协同与累积效应，加大管护力度。此外，本研究针对典型的平原区旱作农田进行缓冲带设计，对于其他地形、气候、水文条件下的农田缓冲带建设，还应当根据特定的景观特征与生态服务功能需求进行空间布局和植物选择的调整。

## 4 结论

本研究在明确农田缓冲带的定义、分类、功能和规划方法的基础上，以北京市顺义区都市型现代农业示范区为例，经过景观调查与评价，提出了道路、沟渠、防护林 3 类农田缓冲带共 7 种建设模式的总体空间布局，并结合生态服务功能需求进行植物种植模式设计。项目完工后，将典型缓冲带归为田埂、自然边界、人工边界、林地 4 类进行天敌-害虫取样调查，初步证明了农田缓冲带的天敌保护效果，对生态农业发展中的景观建设具有一定参考和指导意义。未来的生态农业景观建设应当加强农田缓冲带等生态景观化工程技术在景观尺度的综合空间规划，并广泛开展针对不同农业景观类型的实践示范和长期监测研究。

## 参考文献 References


[1] 宇振荣，张茜，肖禾，等. 我国农业/农村生态景观管护对策探讨[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(7): 813–818
Yu Z R, Zhang Q, Xiao H, et al. Countermeasures of landscape and ecological stewardship in agricultural/rural area of China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(7): 813–818

[2] 刘云慧，张鑫，张旭珠，等. 生态农业景观与生物多样性保护及生态服务维持[J]. 中国生态农业学报，2012, 20(7): 819–824
Liu Y H, Zhang X, Zhang X Z, et al. Ecoagricultural landscape for biodiversity conservation and ecological service maintenance[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(7): 819–824

[3] 段美春，张鑫，李想，等. 农田景观虫害控制植被缓冲带布局、模式和功能[J]. 中国农学通报, 2014, 30(1): 264–270
Duan M C, Zhang X, Li X, et al. Layout, type and function of farmland vegetable buffer with insect pests control in agricultural landscape[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(1): 264–270

[4] 刘云慧，李良涛，宇振荣. 农业生物多样性保护的景观规划途径[J]. 应用生态学报, 2008, 19(11): 2538–2543
Liu Y H, Li L T, Yu Z R. Landscape planning approaches for biodiversity conservation in agriculture[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(11): 2538–2543

[5] Natural England. Entry Level Stewardship: Environmental Stewardship Handbook[M]. 4th ed. London: Natural England, 2013

[6] Marton J M, Fennessy M S, Craft C B. USDA conservation practices increase carbon storage and water quality improvement functions: An example from Ohio[J]. Restoration Ecology, 2014, 22(1): 117–124

[7] Spaeth K S M, Briske D D, Jolley L W, et al. Rangeland CEAP: An assessment of natural resources conservation service practices[J]. Rangelands, 2013, 35(1): 2–10

[8] 胡威，王毅力，储昭升. 草皮缓冲带对洱海流域面源污染的削减效果[J]. 环境工程学报, 2015, 9(9): 4138–4144
Hu W, Wang Y L, Chu Z S. Reduction effect of non-point pollution in Erhai Lake Basin through sward buffer strips[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015, 9(9): 4138–4144

[9] 卜晓莉，王利民，薛建辉. 湖滨林草复合缓冲带对泥沙和氮磷的拦截效果[J]. 水土保持学报, 2015, 29(4): 32–36
Bu X L, Wang L M, Xue J H. Study on sediment and nutrient retention efficiency of integrated tree-grass riparian buffer strips[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2015, 29(4): 32–36

[10] 万年峰，季香云，蒋杰贤，等. 田埂留草控制稻飞虱效果及对捕食性天敌多样性影响[J]. 应用昆虫学报，2012，49(6): 1604–1609
Wan N F, Ji X Y, Jiang J X, et al. Effect of retaining grass on rice field ridges on rice planthoppers and the diversity of natural enemies of rice pests in rice fields[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2012, 49(6): 1604–1609

[11] 晋凡生，杨丽莉. 梯田田埂栽植萱草的固土防蚀效果及经济效益分析[J]. 农学学报, 2012, 2(12): 31–36
Jin F S, Yang L L. Studies on the keeping-alive planting techniques and fixing-soil antierosion effects of hemerocallis fulva on terrace ridges[J]. Journal of Agriculture, 2012, 2(12): 31–36

[12] 石国庆，林超文，刘章勇，等. 植物篱对小麦蚜虫及其天敌种群的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3265–3271
Shi G Q, Lin C W, Liu Z Y, et al. Effects of plant hedgerow on population dynamics of wheat aphid and its natural enemies[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(12): 3265–3271

[13] 蒲玉琳，谢德体，倪九派，等. 紫色土区坡耕地植物篱模式综合生态效益评价[J]. 中国生态农业学报，2014，22(1): 44–51
Pu Y L, Xie D T, Ni J P, et al. Evaluation on comprehensive ecological benefits of different hedgerow patterns on slope-

farmland in purple soil area[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2014, 22(1): 44–51

[14] 谢坚，屠乃美，唐建军，等. 农田边界与生物多样性研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(2): 506–510
Xie J, Tu N M, Tang J J, et al. Advances in farmland field margin systems and biodiversity research[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(2): 506–510

[15] 叶春，李春华，邓婷婷. 湖泊缓冲带功能、建设与管理[J]. 环境科学研究, 2013, 26(12): 1283–1289
Ye C, Li C H, Deng T T. Study on the function, construction and management of lake buffer zones[J]. Research of Environmental Sciences, 2013, 26(12): 1283–1289

[16] 戴漂漂，张旭珠，肖晨子，等. 农业景观害虫控制生境管理及植物配置方法[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 9–19
Dai P P, Zhang X Z, Xiao C Z, et al. Habitat management and plant configuration for biological pest control in agricultural landscapes[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2015, 23(1): 9–19

[17] 焦金鱼，贵立德，贾占功. 紫花苜蓿在梯田埂坎生态空间开发中的应用研究[J]. 中国水土保持, 2013(2): 27–29
Jiao J Y, Gui L D, Jia Z G. Application study of Medicago sativa in the ecological space development for terraced field ridges[J]. Soil and Water Conservation in China, 2013(2): 27–29

[18] Stutter M I, Chardon W J, Kronvang B. Riparian buffer strips as a multifunctional management tool in agricultural landscapes: Introduction[J]. Journal of Environmental Quality, 2012, 41(2): 297–303

[19] 饶良懿，崔建国. 河岸植被缓冲带生态水文功能研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(4): 121–128
Rao L Y, Cui J G. Research advances on the eco-hydrological functions of riparian buffer[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(4): 121–128

[20] 李良涛，刘文平，肖禾，等. 农业景观中植物篱的建设与管理[J]. 中国水土保持, 2012(6): 26–29
Li L T, Liu W P, Xiao H, et al. The construction and maintenance of hedgerows in agricultural landscapes[J]. Soil and Water Conservation in China, 2012(6): 26–29

[21] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis[M]. 2nd ed. Washington DC: Island Press, 2005

[22] Termorshuizen J W, Opdam P. Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development[J]. Landscape Ecology, 2009, 24(8): 1037–1052

[23] 王秋光，李永峰，李春华，等. 草林复合植被缓冲带结构功能及净化机理研究综述[J]. 中国水土保持, 2013(6): 39–42
Wang Q G, Li Y F, Li C H, et al. A review on the structure, function and purification mechanism of integrated tree-grass vegetation buffer strips[J]. Soil and Water Conservation in China, 2013(6): 39–42

[24] 孔东升，金博文，金铭，等. 黑河流域中游农田防护林小气候效应[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(1): 32–36
Kong D S, Jin B W, Jin M, et al. Microclimate effects of farmland shelterbelt in middle reaches of Heihe basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(1): 32–36

[25] Klein A M, Brittain C, Hendrix S D, et al. Wild pollination services to California almond rely on semi-natural habitat[J]. Journal of Applied Ecology, 2012, 49(3): 723–732

[26] Wiggers J M R H, van Ruijven J, Berendse F, et al. Effects of grass field margin management on food availability for Black-tailed Godwit chicks[J]. Journal for Nature Conservation, 2016, 29: 45–50

[27] 潘影，肖禾，宇振荣. 北京市农业景观生态与美学质量空间评价[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2455–2460
Pan Y, Xiao H, Yu Z R. Spatial evaluation on ecological and aesthetic quality of Beijing agricultural landscape[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(10): 2455–2460

[28] 张茜，刘文平，宇振荣. 乡村景观特征评价方法——以长沙市乔口镇为例[J]. 应用生态学报, 2015, 26(5): 1537–1547
Zhang Q, Liu W P, Yu Z R. Landscape character assessment framework in rural area: A case study in Qiaokou, Changsha, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(5): 1537–1547

[29] 卢涛，马克明，傅伯杰，等. 三江平原沟渠网络结构对区域景观格局的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2746–2752
Lu T, Ma K M, Fu B J, et al. Effects of ditch network structure on landscape pattern in the Sanjiang Plain, Northeast China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(6): 2746–2752

[30] 汪自书，曾辉，魏建兵. 道路生态学中的景观生态问题[J]. 生态学杂志, 2007, 26(10): 1665–1670
Wang Z S, Zeng H, Wei J B. Some landscape ecological issues in road ecology[J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(10): 1665–1670

[31] 刘文平，宇振荣，郧文聚，等. 土地整治过程中农田防护林的生态景观设计[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 233–240
Liu W P, Yu Z R, Yun W J, et al. Ecological and landscape design of farmland shelterbelt in land consolidation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(18): 233–240

[32] Fahrig L, Baudry J, Brotons L, et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes[J]. Ecology Letters, 2011, 14(2): 101–112

[33] 张鑫，李朋瑶，宇振荣. 乡村环境保护和管理的景观途径[J]. 农业资源与环境学报, 2015, 32(2): 132–138
Zhang X, Li P Y, Yu Z R. Landscape approaches for rural environment protection and management[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2015, 32(2): 132–138

[34] NRCS. Before & After. A series of conservation projects with before & after images showing how Iowa NRCS and our partners help private landowners address natural resource concerns on their land[EB/OL]. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_005817.pdf. [2011-11/2016-6-28]

[35] Biggs J, Stoate S, Williams P, et al. Water Friendly Farming. Results and practical implications of the first 3 years of the programme[R]. Freshwater Habitats Trust, Oxford, and Game & Wildlife Conservation Trust, Fordingbridge, 2014